

# PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2000-137197

(43)Date of publication of application : 16.05.2000

(51)Int.Cl. G02F 1/01  
G02B 5/18  
G02B 6/10  
G02B 6/24

(21)Application number : 11-307932

(71)Applicant : LUCENT TECHNOL INC

(22)Date of filing : 29.10.1999

(72)Inventor : EGGLETON BENJAMIN JOHN  
ROGERS JOHN A  
STRASSER THOMAS ANDREW

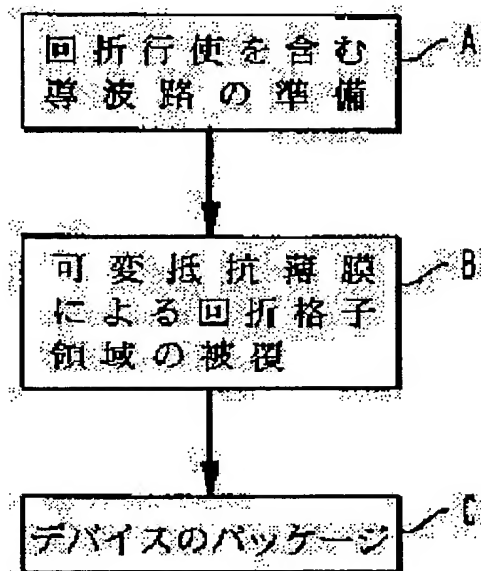
(30)Priority

Priority number : 98 183048 Priority date : 30.10.1998 Priority country : US

(54) OPTICAL DIFFRACTION GRATING DEVICE HAVING ADJUSTABLE CHIRP

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To obtain an optical diffraction grating device having an adjustable chirp.  
SOLUTION: The optical waveguide diffraction grating having an adjustable chirp includes a waveguide diffraction grating thermally brought into contact with an electrically controllable heat converting substrate whose temperature is changed along the length of the diffraction grating (A). The heat converting substrate can generate heat on a fiber, or remove heat from the fiber, and temperature slope can be generated along the diffraction grating. In an execution example, the heat converting substrate is constituted as a resistance film whose local resistance is changed along the length of the diffraction grating (B). Currents running through the thin film can generate the temperature slope along the diffraction grating almost proportional to the local resistance of the thin film, and the size of the chirp can be adjusted by the currents. Thus, this obtained device can be made simple, compact, and efficiently power.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 29.01.2001

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]



(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2000-137197

(P2000-137197A)

(43) 公開日 平成12年5月16日 (2000.5.16)

(51) Int. Cl.	識別記号	F I	テコード (参考)
G 0 2 F 1/01		G 0 2 F 1/01	C
G 0 2 B 5/18		G 0 2 B 5/18	
6/10		6/10	C
6/24		6/24	

審査請求 未請求 請求項の数12 O L (全 9 頁)

(21) 出願番号	特願平11-307932	(71) 出願人	596092698 ルーセント テクノロジーズ インコーポ レーテッド アメリカ合衆国, 07974-0636 ニュージ ャーシー, マレイ ヒル, マウンテン ア ヴェニュー 600
(22) 出願日	平成11年10月29日 (1999. 10. 29)	(72) 発明者	ベンジャミン ジョン エッグレトン アメリカ合衆国 07901 ニュージャーク イ, サミット, アープリ ストリート 17
(31) 優先権主要番号	0-9/183048	(74) 代理人	100064447 弁理士 岡部 正夫 (外11名)
(32) 優先日	平成10年10月30日 (1998. 10. 30)		
(33) 優先権主張国	米国 (US)		

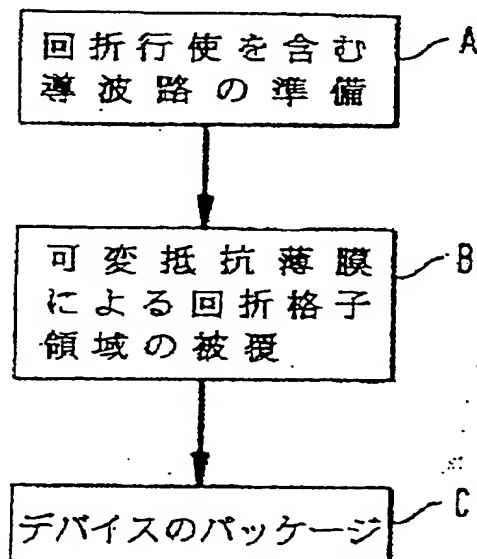
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 調整可能なチャープを有する光回折格子デバイス

(57) 【要約】

【課題】 調整可能なチャープを有する光回折格子デバイス

【解決手段】 本発明に従うと、調整可能なチャープを有する光導波路回折格子は、回折格子の長さに沿って温度が変る電氣的に制御可能な熱変換基体と熱的に接触した導波路回折格子を含む。熱変換基体はファイバ上に熱を生成するかファイバから熱を除去でき、回折格子に沿って温度勾配を作る。実施例において、熱変換基体は局所的な抵抗が回折格子の長さに沿って変る抵抗被膜である。薄膜を通る電流は、薄膜の局所的な抵抗にほぼ比例する回折格子に沿って温度勾配を生じ、電流によってチャープの大きさが調整できる。得られるデバイスは簡単で、コンパクトで、パワーは効率的である。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 一連の屈折率変動を含む光回折格子を含む一定の長さの光導波路；前記回折格子の長さに沿って、前記導波路と熱的に接触して配置された電気的に制御可能な熱変換基体を含み、

前記基体は印加された電気信号にตอบสนองし、回折格子の長さに沿って導波路の温度を変え、それによって回折格子のチャープを変える調整可能なチャープ光導波路回折格子。

【請求項2】 前記熱変換基体は熱生成基体を含む請求項1記載の調整可能なチャープ回折格子。

【請求項3】 前記熱変換基体は熱除去基体を含む請求項1記載の調整可能なチャープ回折格子。

【請求項4】 前記熱変換基体は回折格子の長さに沿って電気抵抗が変化する抵抗被膜を含む請求項1記載の調整可能なチャープ回折格子。

【請求項5】 前記抵抗は前記回折格子の長さに沿って増加する請求項4記載の調整可能なチャープ回折格子。

【請求項6】 前記被膜は回折格子の長さに沿って厚さが減少する請求項4記載の調整可能なチャープ回折格子。

【請求項7】 前記被膜は前記回折格子の長さに沿って組成が変化する請求項4記載の調整可能なチャープ回折格子。

【請求項8】 前記熱変換基体は回折格子の長さに沿って本質的に様な抵抗の第1の抵抗被膜と、回折格子の長さに沿って抵抗が変化する第2の抵抗被膜を含む合成基体である請求項1記載の調整可能なチャープ回折格子。

【請求項9】 前記抵抗は回折格子の長さに沿って単調に増加する請求項4記載の調整可能なチャープ回折格子。

【請求項10】 請求項4に従う回折格子を含む光導波路マルチプレクサ。

【請求項11】 請求項1に従う回折格子を含む光導波路増幅器。

【請求項12】 請求項1に従う回折格子を含む光導波路通信システム。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【本発明の分野】本発明は光回折格子デバイス、より具体的には電気的に調整可能なチャープを有する光導波路回折格子に係る。

## 【0002】

【本発明の背景】光ファイバは近年の遠距離通信システムにおいて鍵を握る要素である。基本的に光ファイバは非常に低損失で長距離に渡って大量の情報を含む光信号を伝達できるガラスの細いよりひもである。この最も簡単な形で、それは第2の（低い）屈折率をもつクラッドで囲まれた第1の屈折率をもつコアを含む小さな直径の導波路である。典型的な光ファイバは、屈折率を制御

するために、低濃度のドーパントを有する高純度シリカで作られる。

【0003】光回折格子は光通信システムのような光システム内で、光の特定の波長を選択的に制御するための重要な要素である。そのような回折格子には、ブラッグ回折格子及び長周期回折格子が含まれる。回折格子は典型的な場合、材料の基体及び屈折率変動、スリット又は溝といった複数の本質的に等間隔の光回折格子要素を含む。これらの回折格子を動的に修正できれば、非常に有用であろう。

【0004】典型的なブラッグ回折格子は、光ファイバのような一定の長さの光導波路を含み、導波路長に沿って本質的に等間隔に、屈折率の複数の変動を含む。これらの変動はくり返される変動×実効屈折率、すなわち  $\lambda = 2 n_{eff} \Lambda$  である間隔  $\Lambda$  の2倍に等しい波長  $\lambda$  の光を、選択的に反射する。ここで、 $\lambda$  は真空波長で  $n_{eff}$  は伝搬モードの実効屈折率である。残りの波長は、本質的に妨げられず通過する。そのようなブラッグ回折格子は、フィルタ、追加及び削除信号チャネル、半導体レーザの安定化、ファイバ増幅器ポンピングエネルギーの反射及び導波路分散の補償を含む各種の用途を見出ししている。

【0005】導波路回折格子は従来、たとえばゲルマニウム又はリンといった1ないし複数の紫外光に敏感なドーパントを導波路コアにドーピングし、たとえばエキシマレーザのような高強度紫外源に、空間的に周期的に導波路を露出することにより、作製されている。紫外光はリンドーパントと相互作用し、局所的な屈折率に長距離変動を生じる。従来の回折格子を得るための変動の適当な周期的間隔は、物理的なマスク、位相マスク又は一対の干渉ビームの使用により得られる。

【0006】高速WDM光波システムの動作特性は、システム設計の詳細、特にライン内分散及び分散補償ファイバ（DCF）中で起る非線形効果とともに、分散勾配補償に厳密に依存する。そのようなシステムにおいて、たとえば不完全な利得平坦性による光パワーの小さな変動が、非線形位相シフトをつけ加える可能性があり、それはシステムの最適分散マップを変更する可能性がある。この問題は動作の広帯域に渡って、不完全な分散勾配補償に付随する減少した分散蓄積により、悪化する。たとえば、約40nmの帯域で  $0.05 \text{ ps/nm}^2 \cdot \text{km}$  の非補償分散勾配で動作する典型的なシステムにおいて、分散中の蓄積された広がり（分散補償ファイバ中の約60%の補償を仮定して）は、ほぼ  $1.2 \text{ ps/nm} \cdot \text{km}$  である。対応する分散蓄積は典型的な場合、この値の2倍ととられ、 $2.4 \text{ ps/nm} \cdot \text{km}$  となる。従って、著しく不利益となることなく、得られる最大伝送距離（L）は、 $L < 104,000 / (B)^{1/2} |D| \cdot (Gb/s)^{1/2} \text{ ps/nm} \cdot (1) \cdot (B \text{ はチャネルレート, } D \text{ はファイバの分散})$  で与えられ40Gbit/

システムについて32km、10Gbit/sについて512kmである。このように多くは40Gbit/sにおける動的な分散補償の必要性を予想するが、明らかにある種の10Gbit/sシステムには同様にこの利点がある。分散を動的に調整でき、ファイバ中に直接組込める分散補償デバイスは、特に魅力的である。

【0007】従来のブラッグ回折格子において、分散及び反射特性は静的であった。各回折格子は選択的にほぼ $m\lambda = 2n_{eff}\Lambda$ に中心をもつ狭い帯域の光のみ反射する。ここで、 $m=1, 2, 3, \dots$ は回折格子の次数である。しかし、分散補償のような多くの用途に対し、帯域又は分散が制御よく変更できる回折格子をもつことが望ましい。

【0008】チャープ導波路回折格子は、システム分散を補償するための確実な要素である。反射で動作するチャープブラッグ回折格子は、必要な分散を作ることができる。しかし、ほとんどの導波路ブラッグ回折格子は、容易に調整できず、このことはそれらは作製後容易に同調をとって調整することができず、非線形チャープは実現が困難で、現在入手しうるデバイスは小型の低パワーデバイスには適さないことを意味する。

【0009】導波路ブラッグ回折格子に動的に調整可能なチャープを導入する試みの1つには、細長い平板中の溝に導波路をセットし、平板に温度勾配を作ることを含む。1997年9月23日ジェイ・ローツォン(J. Lauzon)らに承認された米国特許第5,671,307号を参照のこと。しかし、この構成は多くの欠点をもつ。

(a) それは体積を要し、既存のパッケージ技術と両立しない。

(b) 体積を要することにより、デバイスはパワーの効率が悪く、デバイスの動的な応答に遅れを加える。ファイバそれ自身よりはるかに大きくなりうる細長い平板を加熱するのにパワーが必要である。

(c) 平板に沿って一定した熱の流れを維持するため、熱は連続して供給しなければならないから、周囲の雰囲気への著しい熱の移動がある。

(d) 複雑/一定しない温度勾配とそれによる複雑な分散を指定することが困難である。ヒートシンク及び熱源は直線的な温度勾配のみを可能にする。しかし、多くの場合、非線形なチャープを生成させるため、非線形な温度勾配が必要である。

【0010】制御できるチャープもまた、長周期回折格子に有用な可能性がある。長周期ファイバ回折格子デバイスは、波長依存性の損失を生じ、スペクトルを鋭くするのに使える可能性がある。長周期回折格子は非常に低い後方反射で、2つの同時に伝搬するモード間の光パワーを光学的に結合する。それは典型的な場合、一定の長さの光ファイバを含み、その中に複数の屈折率振動が周期的な長さ $\Lambda'$ で導波路に沿って間隔をあけ作られる。

$\Lambda'$ は伝送される光の波長 $\lambda$ に比べ大きい。従来のブラッグ回折格子と違い、長周期回折格子は周期間隔 $\Lambda'$ を用い、それは典型的な場合、伝送される光の波長の少なくとも10倍、すなわち $\Lambda' \geq 10\lambda$ である。典型的な場合、 $\Lambda'$ は15-1500ミクロンの範囲で、振動の幅 $1/5\Lambda'$ ないし $4/5\Lambda'$ の範囲である。チャープ回折格子のようなある種の用途では、間隔 $\Lambda'$ は回折格子の長さに沿って変化できる。

【0011】長周期回折格子は光通信システムの異なる波長において、増幅器利得を平坦化するのに、特に有用である。たとえば、1995年7月4日にエイ・エム・ベンクスカー(A. M. Vengsarkar)に承認された米国特許第5,430,817号を参照のこと。

【0012】従来の長周期回折格子は恒久的で、狭帯域である。与えられた周期( $\Lambda'$ )を有する各長周期回折格子は、結合のピーク波長 $\lambda_c$ 付近に中心をおく狭い帯域の光を、選択的に濾波する。この波長は $\lambda_c = (n_c - n_{cl}) \cdot \Lambda'$ で決められる。ここで、 $n_c$ 及び $n_{cl}$ はそれぞれコア及びクラッドの実効屈折率である。 $n_c$ はコア及びクラッド屈折率に依存し、一方 $n_{cl}$ はコア、クラッド及び雰囲気屈折率に依存する。調整可能チャープ長周期回折格子は、利得スペクトル変化を補償するのに非常に有用でありうる。

【0013】従って、調整可能なチャープを有する改善された光導波路回折格子デバイスの必要性がある。

【0014】

【本発明の要約】本発明に従うと、調整可能なチャープを有する光導波路回折格子は回折格子の長さに沿って温度が変る電氣的に制御可能な熱変換基体と熱的に接触した導波路回折格子を含む。熱変換基体は回折格子に沿って温度勾配を作るため、ファイバ上に熱を発生させるか、ファイバから熱を除くことができる。一実施例において、熱変換基体は局所的な抵抗が回折格子の長さに沿って変化する抵抗被膜である。薄膜を通過する電流は薄膜の局所的抵抗にほぼ比例する回折格子に沿った温度勾配を発生し、チャープの大きさは電流により調整できる。得られるデバイスは簡単で、コンパクトで、パワーは効率的である。

【0015】

【詳細な記述】図面を参照すると、図1aは調整可能チャープ導波路回折格子デバイス9を示し、それは一連の屈折率振動12を含む光回折格子11を含む一定の長さの光導波路10(ここでは光ファイバ)を含む。回折格子11は熱生成基体又は能動的に熱を除く基体でよい電氣的に制御可能な熱変換基体13と熱的に接触して配置される。ここで、基体13は回折格子部分の長さに沿って変化する局所的な抵抗をもつ導波路上の抵抗膜のような熱生成基体である。局所的な抵抗は回折格子の長さに沿って薄膜の厚さを変えることにより、変えることがで

きる。抵抗は薄膜の厚さを減少させるとともに増加する。抵抗はまた、組成を変えることによっても変えられる。回折格子の長さに沿って電流を流すため、パワー源16との電気的な接触を容易にする目的で、電極部分14及び15を設けることができる。薄膜13の抵抗は、薄膜に沿って電流が流れた時、本質的に連続した温度勾配が生じるよう、回折格子の長さ(軸)方向に沿って単調に増加するのが好ましい。

【0016】動作中、基体13を通してパワー源16により供給された電流は、回折格子に沿って温度勾配を生成し、それは回折格子にチャープを生じる。たとえば、示された実施例において、薄膜の局所的な抵抗に比例(膜厚にほぼ逆比例)した速度で、導波路に沿って局所的な抵抗熱を発生する。この局所的な熱は、回折格子にチャープを生じる回折格子に沿った温度勾配を作る。

【0017】あるいは、熱変換基体13は回折格子の長さに沿って変化して冷却するよう構成されたペリエクーラのような制御可能な冷却要素を含んでよい。可変冷却により生じた温度勾配を、回折格子にチャープを生じさせるのに用いてもよい。

【0018】図1bは別の実施例を示し、この場合、熱変換基体13は一樣な電気的抵抗薄膜13aと図1aに関連して述べたものと類似の可変抵抗薄膜13bを含む合成構造である。均一な抵抗薄膜13aはSiO<sub>2</sub>、薄膜のような電気的絶縁体17により、可変抵抗薄膜13bから絶縁されるのが有利で、熱生成薄膜13a及び13bは、別々の電圧源16a及び16bでパワーを与えることができる。薄膜13aに供給されるパワーを制御することにより、回折格子の中心周波数が制御され、薄膜13bに供給されるパワーにより、チャープが調整される。

【0019】図2は図1a及び図1bのチャープ回折格子を調整する例を作るのに有用な工程を、ブロックダイヤグラムで示す。枠Aで示されるように、第1の工程は光回折格子を含む一定の長さの光導波路を準備することである。導波路は被覆されていないファイバが好ましいが、図1bの実施例の場合には、一樣な抵抗の電気的に絶縁された抵抗薄膜を含むことができる。導波路はシングルモード又はマルチモードでよい。回折格子はブラッグ回折格子又は長周期回折格子でよい。

【0020】具体例として、アポダイゼーションされたファイバブラッグ回折格子(〜1550nmにピーク反射をもつ長さ〜5cm)を、たとえばティー・エイ・ストラッサ(T. A. Strasser)ら、ポストドットラインペーパーPD8、光ファイバ通信コンファレンス、1996 OSAテクニカル・ダイジェスト・シリーズ(Optical Fiber Communications Conference, 1996, OSA Technical Digest Series)第2巻(オブティカル・ソサイティ・オブ・アメリカ

カ、ワシントンDC1996)に述べられているような位相マスク走査技術を用いて、感光性光ファイバのコア中に書き込んだ。

【0021】次の工程は、枠B中に示されるように、導波路を局所的な抵抗が本質的に連続して、回折格子の長さに沿って増すような抵抗材料の薄膜で被覆することである。

【0022】図3及び図4は回折格子に沿って厚さが増えらる層を堆積するのに有用な装置を示す。図3は金属源32から電子ビーム蒸発された金属31を受けよう位置に置かれた自動回転ステージ30上にマウントされた(そのポリマ被膜をはがされた)回折格子11を含むファイバ10を示す。この装置は回折格子を含むファイバの部分上に、均一な金属被膜を生じる。

【0023】図4は回折格子の長さに沿って厚さが増る銀をメッキする装置を示す。銀エポキシのようなもので、蒸着された金属部分43の端部に固着された細いぎざぎざ41、42を有するファイバ11が、メッキ槽44内に置かれる。パワー源47はワイヤ41及び48及び電極49を通して、銀メッキするための電流を供給する。ファイバを槽44から引くため、ファイバはまた自動転送ステージ45に固着される。引張る間、ファイバをまっすぐにするため、顕微鏡用スライド46の金メッキ片を、ファイバの一端に固着し、ファイバを溶液からとり出すことにより生じる金メッキ領域の減少を最小にする。槽から一定又は可変速度でファイバを引く間、電解堆積によりファイバの長さに沿って厚さが増る銀の被膜が生じる。あるいは、回折格子の長さに沿って、堆積される被膜の組成を変えることにより、局所的な抵抗が増えらる。

【0024】具体例として、回折格子を含むファイバは、自動回転ステージ上にマウントされ、電子ビーム蒸着器中に置かれる。ファイバを回転しながら、ファイバ上にチタン(〜100オングストローム、固着促進剤として)及び金(〜1500オングストローム)を蒸着し、回折格子を含むファイバのはがされた部分の外表面全体上に、金属の一樣な被膜を形成する。はがした部分の端面に、銀エポキシ(SPIサプライズ社)で細い線を固着させ、銀の電解堆積のための電気的接続をする。一定電流でのメッキの間、プログラムできる転送ステージで、電解メッキ槽(テクニク社)からファイバを引くと、銀の厚さに制御された変化が生じる。電解堆積は1.5mAの一定電流で、ファイバの〜15cmの長さの部分上に、室温で行った。ファイバは各試料に対し、〜12mm/分の一定速度で電解メッキ槽から引き、銀の厚さを増すため、堆積は4〜5回くり返した。ほとんどのデバイスの場合、薄膜の厚さは1〜5μmの最小から、10〜30μmの最大まで、ファイバの回折格子領域に渡って変化した。数オームの抵抗が典型的であった。

【0025】図5はファイバに沿ったいくつかの位置で、光学顕微鏡を用いて測定した光ファイバの6cmの長さの上にメッキされた金属薄膜の厚さを示すグラムである。

【0026】図6a及び図6bは上述のプロセスに従ってメッキされたファイバの端部の断面の光学顕微鏡写真を示す。図5のグラフに対応するこの具体的な試料の場合、銀の厚さはおよそ直線状に、5 $\mu$ mから30 $\mu$ mまで変化した。この具体的な構造はファイバの長さ全体に沿って、2回の被膜と、試料の厚さの半分に沿った4回の被膜によって作製した。

【0027】第3の工程(枠C)(これは必要に応じて行う)は、動作のためデバイスをパッケージに入れることである。図7はパッケージする装置70を示し、この場合回折格子11はゴムストッパ72で両端が封じられた毛細管71内に配置されている。ワイヤ73及び74により、電源(図示されていない)との接続が可能になる。そのようなパッケージの利点は、動作中の温度の好ましくない変動を生じうる空気の流れといった熱勾配から、回折格子を分離することである。

【0028】デバイスの動作中、抵抗被膜の長さによって電圧を印加すると、回折格子の反射率にチャープが生じる。図8a、図8b及び図8cは3つの異なる電圧(8aから8cに増加)における典型的なデバイスについての伝送スペクトルを示す。伝送のたるみの中の一様な広がり、回折格子の長さに沿って単調かつ平滑に変化する加熱から生じる。

【0029】図9は回折格子の2つの端部における温度変化の電圧依存性を示すグラフである。温度の変化は印加電圧の平方に比例し、局所的な抵抗加熱及び温度変化に比例する割合で、熱の損失と一致する。

【0030】ここで述べる調整可能なチャープ回折格子は、マルチプレクサ/デマルチプレクサデバイスを用いる波長分割多重通信システムで、特に有用である。そのようなシステムにおいて、“中継”ファイバはいくつかの波長 $\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_n$ で光信号を選び、中継ファイバから単一波長チャネルを差し引いたり、中継線上に単一波長チャネルを加えることが望ましい。光サーキュレータ及びファイバ回折格子を相互接続することにより、各種のそのようなデバイスを作ることができる。典型的な場合、回折格子により反射されたチャネルは、中継ファイバから落ちるか、中継線に加わる。ここで述べる回折格子により、チャネルが落ちるか加わる回折格子を選択することができる。

【0031】図10は送信機101、改善されたNチャネルマルチプレクサ102及び受信機103を含み、すべて中継ファイバ11により接続された波長分割多重(WDM)通信システムを概略的に示す。ファイバ11の入力は、いくつかの波長 $\lambda_1$ ないし $\lambda_n$ における光信号から成る。マルチプレクサ102はここで述べるよう

な1ないし複数の調整可能なチャープ回折格子104の使用により、改善される。

【0032】マルチプレクサ102は上流サーキュレータ110及び下流サーキュレータ111を含む1ないし複数の対(ここでは1対)のサーキュレータを含む。一連の同調可能な回折格子104がサーキュレータの間に配置され、それらの回折格子波長はチャネル間波長に配置されている。

【0033】本発明に従う同調可能なチャープ回折格子も、利得調整のため、長周期回折格子に適用できる。図11に概略的に示されるように、単一長周期回折格子デバイスより広い帯域幅をカバーできる同調可能損失ファイバ90が、シングルファイバ11に沿った調整可能なチャープ長周期回折格子91を連結することにより、構成できる。所望の損失スペクトルは回折格子のチャープを選択的に調整することによって得られる。

【0034】図12は(エルビウムドープファイバ増幅器のような)希土類ドープ増幅器中の調整可能なチャープ長周期回折格子から成る同調可能損失ファイバ90を含めることにより作られた動的に利得を平坦化した増幅器110を示す。増幅器110は好ましくは第1段の出力に配置された同調可能損失ファイバ90を有する複数の希土類ファイバ増幅器段(たとえば段111及び112)を含むのが好ましい。これにより、最高のパワーと最低の雑音指数が得られる。雑音があまり重要でない用途の場合、ファイバ90は第1段の前に置くことができる。パワーがあまり重要でない用途の場合、それは最後の段の出力に置くことができる。増幅器の応答を平坦化するための長周期回折格子については、たとえばここに参照文献として含まれる1995年7月4日にエイ・エム・ベンクスカー(A. M. Vengsarkar)に承認された米国特許第5,430,817号に述べられている。そのようなデバイス110は広い条件下で、均一化された増幅を確実にするために、WDM光通信システム中で有利に用いることができる。

【0035】図13は中継ファイバ11に沿って変調されたWDM光信号チャネル $\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_n$ の源150を含む光WDM通信システムを、概略的に示す。チャネルは図12に示されるような利得平坦化増幅器でよい1ないし複数の利得均一化増幅器及び図10に示されるような追加/差し引きデバイスでよい1ないし複数の追加/差し引きマルチプレクサデバイス102を通して、通過する。信号は1ないし複数のWDM受信機154で受信される。

【0036】本発明の延長として、以下は本発明の基礎となる理論についての出願人の最善の理解である。上で述べたような形状を有する動作デバイス中の定常状態の熱分布を計算するのに、非線形有限要素モデル化を用いた。計算は適合するメッシュ細分化を用い、それぞれ【数1】



$$\sigma E(T^4 - T_0^4)$$

及び  $A(T - T_0)^{1/4}$  で与えられる割合での放射及び対流熱損失を仮定した。ここで、 $T$  は金属表面の温度、 $T_0$  は周囲の温度、 $\sigma$  はステファン-ボルツマン定数、 $E$  は金属表面の放射率、 $A$  は空気中の自然対流を特徴づける定数である。加熱薄膜及びガラスファイバ間の密接した熱接触を仮定し、金属の厚さは5ないし20ミクロンの間で変えた。重要な結果は、(I) 一次近似で、ファイバのコア中の温度分布は、抵抗薄膜により生じた加熱パワーの分布に従う、(すなわち、ファイバの長さに沿った熱の流れは、温度分布の形を、加熱の分布から強く変えるようには見えない) 及び (II) 温度の増加は加熱パワーに直線的に関係する。(すなわち、放射及び対流は強い非線形プロセスであるが、ファイバから出る熱の流れは、ほぼ直線的である。) これら2つの結果が正しく、ブラッグ共鳴が温度変化に直線的に関係する時、以下のように書くことが可能である。

$$\Delta \lambda_g(x) \sim \Delta T(x) \sim I^2/t(x)$$

【0037】ここで、 $\Delta \lambda_g(x)$  はブラッグ共鳴のシフト、 $x$  は回折格子に沿った位置、 $\Delta T(x)$  は温度変化、 $t(x)$  は金属薄膜の厚さ、 $I$  は印加電流である。この式はこれらデバイスの振舞いの簡単な近似で、複雑な(すなわち非直線的な)チャープを有する同調可能な回折格子の設計のある程度の指針を与える。

【0038】結論として、上述の結果及び理論は、熱的に調整可能なチャープを用いるブラッグファイバ回折格子デバイスの設計を示す。デバイスは魅力的な特徴をもち、その中にはパワーの効率的な動作、コンパクトな寸法、作製の簡単さ、制御可能な光学特性、機械的な歪に依存するような他の同調方式との両立性が含まれる。

【0039】上述の実施例は、本発明の原理の応用を表わすことができる多くの可能な具体的実施例の中の2～3を示すものであることを、理解すべきである。本発明の精神及び視野を離れることなく、当業者には多くの様々な他の構成ができる。

#### 【図面の簡単な説明】

【図1a】調整可能チャープを有する導波路回折格子デバイスの概略断面図である。

【図1b】調整可能チャープを有する導波路回折格子デバイスの概略断面図である。

【図2】図1の回折格子デバイスを作製する工程を示すブロックダイアグラムの図である。

【図3】図2の方法を実施するのに有用な装置を示す図である。

【図4】図2の方法を実施するのに有用な装置を示す図である。

【図5】図1のデバイスの特性の具体例を示す図である。

【図6a】図1のデバイスの特性の具体例を示す図である。

【図6b】図1のデバイスの特性の具体例を示す図である。

【図7】図1のデバイスの特性の具体例を示す図である。

【図8a】図1のデバイスの特性の具体例を示す図である。

【図8b】図1のデバイスの特性の具体例を示す図である。

【図8c】図1のデバイスの特性の具体例を示す図である。

【図9】図1のデバイスの特性の具体例を示す図である。

【図10】通信システムにおけるデバイスの応用を示す図である。

【図11】通信システムにおけるデバイスの応用を示す図である。

【図12】通信システムにおけるデバイスの応用を示す図である。

【図13】通信システムにおけるデバイスの応用を示す図である。

#### 【符号の説明】

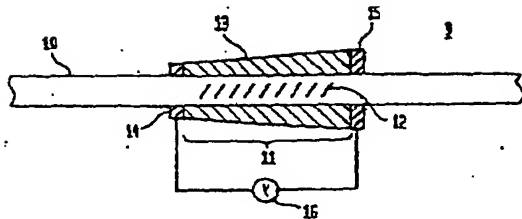
- |                |           |            |
|----------------|-----------|------------|
| 9              | 回折格子デバイス  |            |
| 10             | 光導波路、ファイバ |            |
| 11             | 回折格子、ファイバ |            |
| 12             | 屈折率振動     |            |
| 13             | 基体、薄膜     |            |
| 13A (文章中では13a) |           | 抵抗薄膜、熱生成薄膜 |
| 13B (文章中では13b) |           | 抵抗薄膜       |
| 14, 15         | 電極部分      |            |
| 16             | パワー源      |            |
| 16A (文章中では16a) |           | 電圧源        |
| 16B (文章中では16b) |           | 電圧源        |
| 17             | 絶縁体       |            |
| 30             | 回転ステージ    |            |
| 31             | 金属        |            |
| 32             | 金属源       |            |
| 41             | 線、ワイヤ     |            |
| 42             | 線         |            |
| 43             | 金属部分      |            |
| 44             | メッキ槽、槽    |            |
| 45             | 回転ステージ    |            |
| 46             | スライド      |            |
| 47             | パワー源      |            |
| 48             | ワイヤ       |            |
| 49             | 電極        |            |
| 70             | 装置        |            |
| 71             | 毛細管       |            |



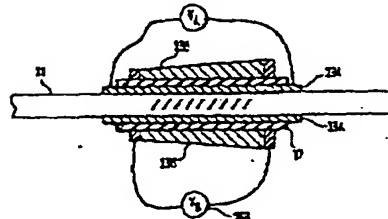
- 72 ゴムストップ
- 73, 74 ワイヤ
- 90 ファイバ
- 91 回折格子
- 101 送信機
- 102 マルチプレクサ
- 103 受信機

- 104 回折格子
- 110 上流サーキュレータ、増幅器
- 111 下流サーキュレータ、増幅器段
- 112 増幅器段
- 150 源
- 154 受信機

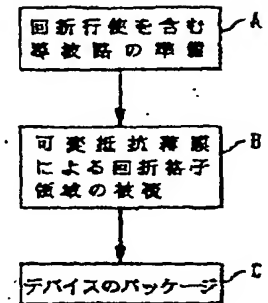
【図1a】



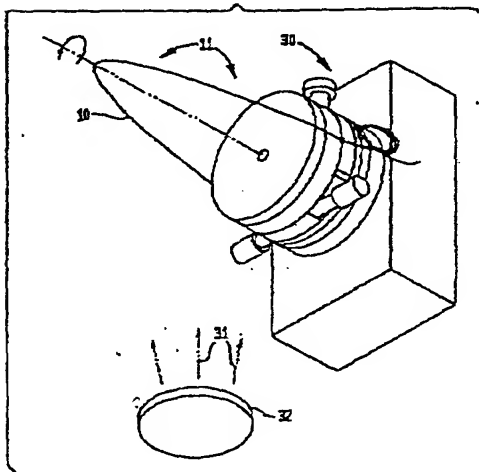
【図1b】



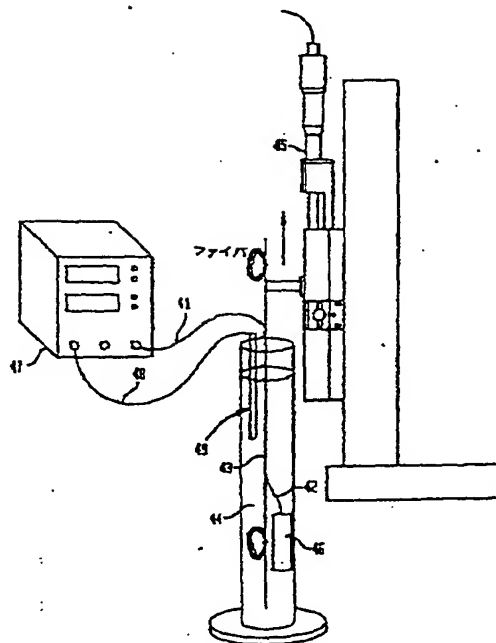
【図2】



【図3】



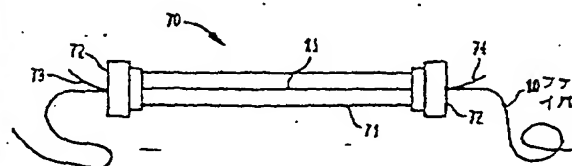
【図4】



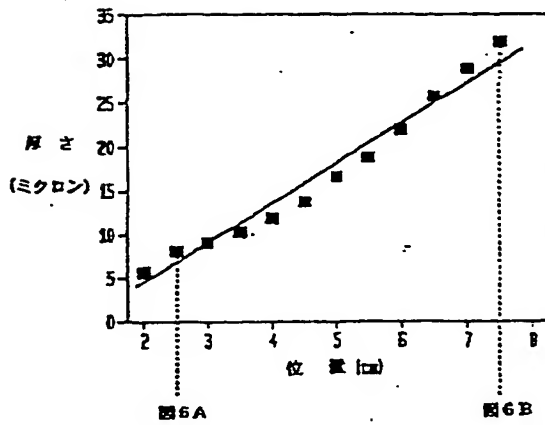
【図6a】



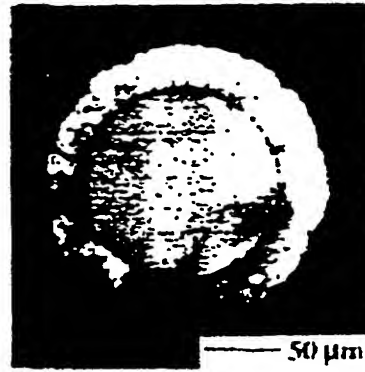
【図7】



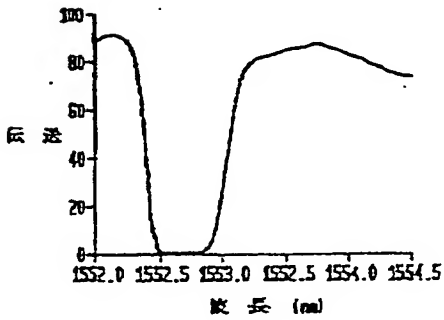
【図5】



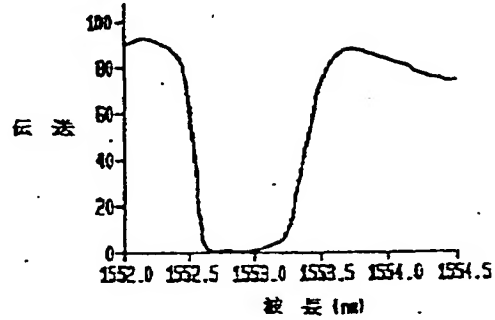
【図6b】



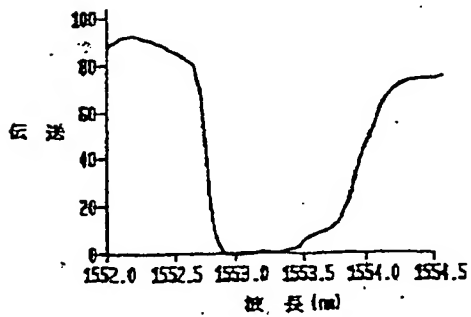
【図8a】



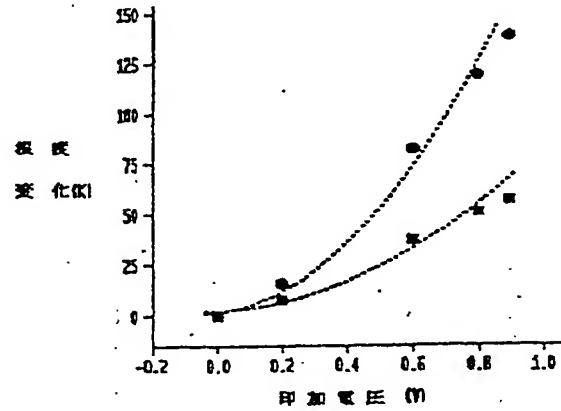
【図8b】



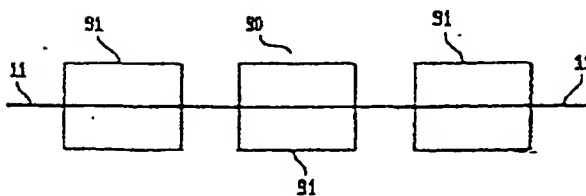
【図8c】



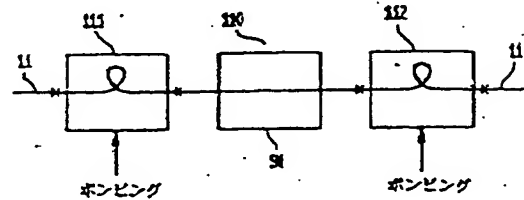
【図9】



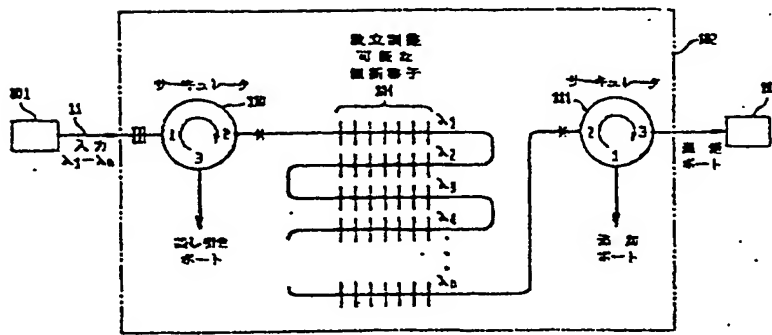
【図11】



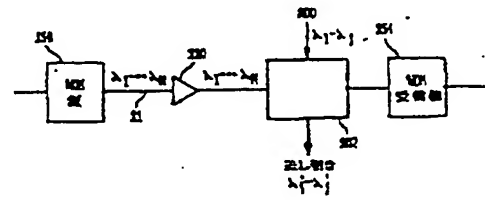
【図12】



【図10】



【図13】



フロントページの続き

(72)発明者 ジョン エー. ロジャース  
 アメリカ合衆国 07974 ニュージャージー  
 イ, ニュー プロヴィデンス, アパートメ  
 ント 1 シー, スプリングフィールド  
 アヴェニュー 1200

(72)発明者 トーマス アンドリユー ストラッサー  
 アメリカ合衆国 07060 ニュージャージー  
 イ, ウアーレン, ハーモニー ロード 6

